



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-259147

[ST.10/C]:

[JP 2000-259147]

出 願 人

Applicant(s):

株式会社ニコン

2002年 9月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎

出証番号 出証特2002-3073508

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00920

【提出日】 平成12年 8月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 露光装置、及び該装置を用いるデバイス製造方法

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 神谷 三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100097180

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 均

【代理人】

【識別番号】 100099900

【弁理士】

【氏名又は名称】 西出 眞吾

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第265669号

【出願日】 平成11年 9月20日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043339

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9724186

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置、及び該装置を用いるデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して基板に転写する露光装置において、

前記基板を保持する基板テーブルと、

前記基板テーブルに保持された前記基板表面と焦点位置とのギャップを測定する第 1 センサと、

前記投影光学系と前記基板テーブルとの光軸方向の距離を測定し、前記第 1 センサの焦点位置を補正する第 2 センサと、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記第 2 センサは、前記投影光学系と前記基板テーブルとの光軸方向の距離の変化量を測定し、この変化量に基づいて前記第 1 センサの焦点位置を補正することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 前記第 2 センサは、前記投影光学系のうちの前記第 1 センサの近傍位置と前記基板テーブルとの光軸方向の距離の変化量を測定することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記第 2 センサは、

測定光を照射し、その反射光を参照光と干渉させて距離を測定するレーザ干渉測定装置と、

前記投影光学系に固定された第 1 反射鏡と、

前記基板を載置する基板テーブルに固定された第 2 反射鏡と、を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記基板テーブルに、前記レーザ干渉測定装置から照射された測定光および前記第 1 反射鏡で反射した反射光が通過する光通過孔が形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して基板に転写する露光装置において、

前記基板を保持する基板テーブルと、

前記投影光学系の光軸方向に関し、前記基板テーブルに保持された前記基板表

面の位置を計測する位置計測システムと、

該位置計測システムの計測結果に基づいて、前記基板テーブルを前記投影光学系の光軸方向に移動する移動システムと、

前記投影光学系と前記基板テーブルとの前記光軸方向の距離の変動を測定し、前記位置計測システムと前記移動システムとを用いた前記光軸方向に関する前記基板の位置合わせを校正する校正手段と、

を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 前記投影光学系と前記基板テーブルとの前記光軸方向の距離の変動は、前記光軸方向と直交する面内の所定位置に前記基板テーブルを位置決めした状態で測定されることを特徴とする請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】 前記校正手段は、前記基板テーブル上に表面がほぼ平らな基準板を有し、前記基板テーブルを前記所定位置に位置決めしたときに、前記基準板表面の前記光軸方向の位置が、前記位置計測システムで計測可能であることを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】 前記校正手段は、前記投影光学系と前記基板テーブルとの前記光軸方向の距離の変動を測定するために前記投影光学系の第 1 基準面と前記基板テーブルの第 2 基準面との距離を測定するセンサを有することを特徴とする請求項 6 乃至 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】 前記第 1 基準面および前記第 2 基準面は平面ミラーであり、前記センサは干渉計であることを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】 前記投影光学系と前記基板テーブルとの前記光軸方向の距離を測定するときに、前記基板テーブルの傾き状態はいつも同じであることを特徴とする請求項 6 乃至 10 に記載の露光装置。

【請求項 12】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して基板に転写する露光装置において、

前記基板を保持する基板テーブルと、

前記投影光学系の光軸方向に関し、前記基板テーブルに保持された前記基板表面の位置を計測する位置計測システムと、

該位置計測システムの計測結果に基づいて、前記基板テーブルを前記投影光学

系の光軸方向に移動する移動システムと、

前記位置計測システムと前記基板テーブルとの前記光軸方向の距離の変動を測定し、前記位置計測システムと前記移動システムとを用いた前記光軸方向に関する前記基板の位置合わせを校正する校正手段と、

を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 ～ 1 3 のいずれか一項に記載の露光装置を用いた基板の露光工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子または薄膜磁気ヘッドなどの各種マイクロデバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置に関し、特にオートフォーカスセンサ系の変動を高速かつ高精度に補正できる露光装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体デバイス製造のフォトリソグラフィ工程では、フォトレジストが塗布されたウェハやガラスプレート（以下、基板ともいう）にマスクのパターンを転写するステップアンドリピート式の露光装置が広く用いられている。このステップアンドリピート式露光装置は、マスクのパターンの像をウェハ上のショット領域に一括して縮小投影することにより該ショット領域を露光するものである。一つのショット領域の露光を終了すると、ウェハをステップ移動して次のショット領域の露光を行い、これを順次繰り返すことからステップアンドリピート方式と呼ばれているのである。

【0 0 0 3】

また、マスクパターンの露光範囲を拡大するために、照明系からの露光光をスリット状（矩形状）に制限し、このスリット光を用いてマスクパターンの一部をウェハ上に縮小投影した状態で、マスクとウェハとを投影光学系に対して同期走査させるステップアンドスキャン式露光装置も開発されている。このステップア

ンドスキャン式露光装置は、一回の走査露光でマスク全面のパターンを等倍でウェハの全面に転写するアライナーの転写方式の長所と、上述したステッパーの転写方式の長所とを兼ね備えたものである。

【 0 0 0 4 】

この種の露光装置では、露光前および露光中に焦点合わせが行われるが、感光性材料が塗布された基板の焦点合わせの方法として、いわゆるオートフォーカスセンサを用いた方法が知られている。

【 0 0 0 5 】

オートフォーカスセンサによる焦点合わせは、投影光学系が設置された架台に光学的センサである投光器および受光器を固定し、投光器から基板表面に斜めに光を照射し、この基板表面からの反射光を受光器で受光することで、基板表面の高さ（投影光学系の光軸方向の位置）を検出する。そして、その信号で基板ステージの光軸方向の位置を制御して投影光学系の焦点に基板表面を合わせるものである。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したオートフォーカスセンサを用いた焦点合わせの方法では、実際のマスクのパターン像の焦点位置を検出して基板表面と直接的に位置合わせしている訳ではなく、オートフォーカスセンサの制御目標位置と基板表面とのギャップ（ずれ）を測定し、これを投影光学系の焦点位置と基板表面とのギャップ（ずれ）として擬制しているので、オートフォーカスセンサの光学的および機械的なドリフトがそのまま焦点合わせの誤差になってしまうという問題があった。

【 0 0 0 7 】

すなわち、上述したオートフォーカスセンサによる焦点合わせは、投影光学系の焦点位置と基板表面とのギャップを直接的に測定している訳ではなく、オートフォーカスセンサの制御目標位置と基板表面とのギャップを測定し、該測定結果に基づいてオートフォーカスセンサの制御目標位置と基板表面とをほぼ一致させることで、投影光学系の焦点位置に基板表面を一致させるものである。

【0008】

したがって、投影光学系とオートフォーカスセンサとの相対位置が何らかの原因でずれてしまうと、オートフォーカスセンサにより検出されるギャップの測定値が適正範囲であっても、実際には投影光学系の焦点が基板表面（基板の露光面）に合っていない状態で露光が行なわれてしまうことがあった。

【0009】

このため、実際のマスクのパターン像の焦点位置を検出してオートフォーカスセンサを校正する方法が採用されることもあるが、パターン像の焦点位置の検出には時間がかかること、また精度的にもそれほどの分解能は期待できないことなど、実際に使用する上で問題が多かった。

【0010】

本発明は、オートフォーカスセンサ系の変動を高速かつ高精度に補正できる露光装置を提供することを目的とする。

【0011】

本発明は、マスクのパターンの像を投影光学系を介して基板上に投影する際に、投影光学系の焦点位置（パターン像の結像位置）と基板表面とを所望状態に正確に設定することのできる露光装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、マスク（1）に形成されたパターンの像を投影光学系（3）を介して基板（5）に転写する露光装置において、基板（5）を保持する基板テーブル（8）と、基板テーブル（8）に保持された基板（5）表面と焦点位置とのギャップを測定する第1センサ（10a, 10b）と、投影光学系（3）と基板テーブル（8）との光軸方向の距離を測定し、第1センサ（10a, 10b）の焦点位置（制御目標位置）を補正する第2センサ（20）とを備えるようにしたものである。

【0013】

本発明では、第1センサが投影光学系に対して光学的又は機械的に変動したとしても、第2センサによって投影光学系と基板テーブルとの光軸方向の距離が測

定され、その測定結果に基づいて第1センサの焦点位置を補正するので、第1センサの変動を高速かつ高精度に補正できる露光装置を提供することができる。

【0014】

本発明の第2センサは、投影光学系と基板テーブルとの光軸方向の距離の変化量を測定し、この変化量に基づいて前記第1センサの焦点位置を補正することがより好ましい。

【0015】

この場合、本発明の第2センサは、前記投影光学系のうちの前記第1センサの近傍位置と前記基板テーブルとの光軸方向の距離の変化量を測定することがより好ましい。

【0016】

また特に限定はされないが、本発明の第2センサは、測定光を照射し、その反射光を参照光と干渉させて距離を測定するレーザ干渉測定装置と、前記投影光学系に固定された第1反射鏡と、前記基板テーブルに固定された第2反射鏡と、を含むことがより好ましい。

【0017】

この場合、前記基板テーブルに、前記レーザ干渉測定装置から照射された測定光および前記第1反射鏡で反射した反射光が通過する光通過孔を形成することがより好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】

〔第1実施形態〕

図1は本発明の露光装置の実施形態を示す概略図である。原版であるマスク1の回路パターンは、照明装置2によって照明され、その投影像が投影光学系3を介して基板ステージ4に載置された基板5の表面に投影される。それによってマスク1の回路パターンが基板5上に転写される。

【0020】

照明装置 2 の光源 2 a は、露光用の照明光をパルス光で作るもので、たとえば波長 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザ光源からの紫外パルス光、波長 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザ光源からの紫外パルス光、Y A G レーザ光源からのパルスレーザを高調波に変換した紫外線等が利用できる。

【 0 0 2 1 】

光源 2 a から射出された光は、照明光学系 2 b を介してマスク 1 を均一に照明する。詳細な図示は省略するが、照明光学系 2 b では、光源 2 a からの光はロータリーシャッターを介してビーム整形光学系に照射され、ビーム整形光学系を射出した照明光は、オプティカルインテグレータとして機能するフライアイレンズ系に入射し、その射出側には多数の 2 次光源像が全体としてほぼ正方形または円形の領域内に均一に分布する。フライアイレンズ系の射出側には、2 次光源像の実効的な形状を、輪帯、小円形、通常円形、4 開口等に変更する複数の照明 σ (シグマ) 絞りを搭載した絞り切り換え部材が配置され、この切り換え部材はモータによって所望の照明 σ 絞りに切り換えられるように駆動される。

【 0 0 2 2 】

そして、照明 σ 絞りを透過した照明光は、反射率がほぼ 1 0 % 以下のビームスプリッタを透過してミラーで反射されてリレーレンズ系に入射し、マスク 1 上での照明領域の形状や位置を決定する可動レチクルブラインドを均一な照度分布となって照射する。レチクルブラインドの開口を透過した照明光は、リレーレンズ系、ミラーおよびメインコンデンサーレンズ系等を介して、マスク 1 の回路パターン領域を均一な強度分布で照射する。

【 0 0 2 3 】

マスク 1 は、図外のマスクホルダを介してマスクステージ上において X Y 平面に平行に保持されている。マスク 1 には、転写すべき回路パターンが形成されており、たとえばステップアンドスキャン式露光装置の場合は、パターン領域全体のうち Y 方向に沿って長辺を有し、かつ X 方向に沿って短辺を有する矩形状 (スリット状) のパターン領域が照明される。なお、図外のマスクステージは、駆動系の作用によりマスク面 (X Y 平面) に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標は、マスクステージに設けられた鏡を用いた干渉計によって計測され且

つ位置制御される。

【0024】

マスク1に形成されたパターンからの光は、投影光学系3を介して感光性の基板5上にマスクパターン像を形成する。基板5は基板テーブル8を介して基板ステージ4上においてXY平面に平行に保持されている。そして、マスク1上での矩形状の照明領域に光学的に対応するように、基板5上ではY方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形状の露光領域にパターン像が形成される。

【0025】

基板ステージ4は定盤6上に設けられ、図外の駆動装置によりXY平面内を駆動する。この基板ステージ4は、基板5を載置する基板テーブル8、ベースプレート7、基板テーブル8をベースプレート7からZ軸方向に駆動するZ軸駆動装置9a、9b、9cを有する。このZ軸駆動装置9a、9b、9cは、基板テーブル8を一直線上にない3つの駆動系で支持している。Z軸駆動装置9a、9b、9cを同一の量だけ駆動することによって基板テーブル8のZ軸方向の位置を調整可能であり、それらの駆動量を変えることで基板テーブル8を傾けることが可能である。これにより基板5の表面をマスク1の投影像位置（パターン像の結像位置）に高精度に合焦することができる。なお、図示は省略したが、基板ステージ4は別の駆動系の作用によりXY平面に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標は、基板テーブル8に設けられた鏡を用いた干渉計によって計測され且つ位置制御される。

【0026】

基板5のZ軸方向の位置は、オートフォーカスセンサ10a、10bによって検出される。このオートフォーカスセンサ10a、10bは、送光光学系10aと、投影光学系3の光軸に関して対象な位置に設置された受光光学系10bとを有し、これらは投影光学系3が設置された架台11に固定されている。そして、送光光学系10aから射出された光ビームは、基板5の表面で反射され受光光学系10bで受光される。その信号は、Z軸方向の信号検出処理手段12に送られる。オートフォーカスの制御目標位置（Z方向の目標位置）に対する基板5表面

の偏差が制御手段 1 3 に送られる。制御手段 1 3 は、その偏差情報に基づいて、Z 軸駆動装置 9 a, 9 b, 9 c を動かして基板 5 の表面を制御目標位置に合わせる。また基板テーブル 8 上には、表面がほぼ平らの基準指標板 1 4 が配置されている。オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の校正を行うときは、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b によって、この基準指標板 1 4 の Z 方向の位置が測定可能な位置に基板ステージ 4 が移動することになる。以下のこの位置を基板ステージ 4 の校正位置という。

【 0 0 2 7 】

次に、オートフォーカスセンサの変動を校正するための干渉計 2 0 について説明する。

【 0 0 2 8 】

波長が安定化されたレーザー光源 2 0 1 は、2 周波の偏光が直交するレーザービームを射出する。このビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射し、直交する偏光成分、すなわち 2 つの周波数成分に分割される。

【 0 0 2 9 】

このうち、入射ビームの P 偏光成分（周波数成分 F 1）は、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を透過して、1 / 4 波長板 2 0 3 によって円偏光に変換されて水平に進み、ベースプレート 7 の上に設置された折り曲げミラー 2 0 4 に入射し、9 0 ° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。基板テーブル 8 には、ビーム通過用の孔 2 0 5 が形成されており、投影光学系 3 に固定された測定ミラー 2 0 6 に照射される。なお、測定ミラー 2 0 6 は投影光学系 3 に取付けられていると説明したが、当然のことながら投影光学系 3 のレンズエレメントを保持する鏡筒に取付けられている。また測定ミラー 2 0 6 は投影光学系 3 のみならず、投影光学系を支持する支持コラム（不図示）に取付けるようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

この測定ミラー 2 0 6 にて反射されたビームは、同じ光路を逆向きに進み、ビーム通過用孔 2 0 5 を通り、折り曲げミラー 2 0 4 で 9 0 ° 折り曲げられて、再び 1 / 4 波長板 2 0 3 を通ることで、元の偏光方向とは直交する方向の直線偏光に変換され、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射し、今度は反射してコーナーキ

キューブリズム 2 0 7 に入射する。

【 0 0 3 1 】

このコーナキューブリズム 2 0 7 にて光軸が横にシフトした反射ビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 で反射して、再び 1 / 4 波長板 2 0 3 によって円偏光に変換され、基板テーブル 8 へ向かう。今度も光軸が横にシフトした以外は全く同じ経路を辿り、再び戻ってきたビームは、1 / 4 波長板 2 0 3 によって元の入射ビームと同じ偏光方向になって偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を通過し、光電変換装置 2 0 8 に入射する。

【 0 0 3 2 】

これに対して、入射ビームの S 偏光成分（周波数成分 F 2）は、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 によって、まず反射され、折り曲げミラー 2 0 9 によって 9 0° 折り曲げられ、1 / 4 波長板 2 1 0 によって円偏光に変換されて水平に進み、ベースプレート 7 の上に設置された折り曲げミラー 2 0 4 に入射し、9 0° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。基板テーブル 8 の裏面には、測定ミラー 2 1 1 が設けられており、先程のビームはこの測定ミラー 2 1 1 に照射される。

【 0 0 3 3 】

この測定ミラー 2 1 1 にて反射されたビームは、同じ光路を逆向きに進み、再び 1 / 4 波長板 2 1 0 を通ることで、元の偏光方向とは直交する方向の直線偏光に変換され、折り曲げミラー 2 0 9 によって 9 0° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。このビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射するが、今度は透過してコーナキューブリズム 2 0 7 に入射する。

【 0 0 3 4 】

このコーナキューブリズム 2 0 7 にて光軸が横にシフトした反射ビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を透過し、折り曲げミラー 2 0 9 によって 9 0° 折り曲げられて、再び 1 / 4 波長板 2 1 0 によって円偏光に変換され、基板テーブル 8 の裏面の測定ミラー 2 1 1 へ向かう。今度も光軸が横にシフトした以外は全く同じ経路を辿り、再び戻ってきたビームは、1 / 4 波長板 2 1 0 によって元の入射ビームと同じ偏光方向になって偏光ビームスプリッタ 2 0 2 で反射し、光電変換装置 2 0 8 に入射する。

【 0 0 3 5 】

光電変換装置 2 0 8 の内部では、偏光子によって両偏光成分を干渉させ、その干渉光が光電素子で検出され、周波数が $F_2 - F_1$ の電気信号に変換されて、位相検出手段 2 1 2 に送られる。この位相検出手段 2 1 2 は、レーザー光源 2 0 1 から送られてきた基準信号と測定信号との間の絶対位相差を検出する位相計である。すなわち、光電変換装置 2 0 8 にて光電変換された干渉光は、 $F_2 - F_1$ のビート周波数に、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 のと間隔の変動にともなって生じるドップラー効果分の周波数変化 $\Delta F(t)$ を加えた周波数を有する測定信号として光電変換装置 2 0 8 から位相検出手段 2 1 2 へ入力される。一方、レーザー光源 2 0 1 からは、周波数 F_1 の光と周波数 F_2 の光を干渉して得られた $F_2 - F_1$ のビート周波数を有する信号が基準信号として位相検出手段 2 1 2 に入力される。そして、位相検出手段 2 1 2 において、基準信号と測定信号との位相差が検出され、その位相差の変化分を積算することで、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔の変化分に比例した信号が求められる。

【 0 0 3 6 】

このように、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔が変動すると、絶対位相もこれに比例して変化するため、絶対位相差から両ミラー 2 0 6, 2 1 1 の間隔の変動分を測定することができる。

【 0 0 3 7 】

この測定された絶対位相の変化分を $\Delta \phi$ 、レーザー光源の波長を λ とすると、両ミラーの間隔の変化分 ΔZ との間には、 $\Delta Z = \Delta \phi \times (\lambda / 4)$ の関係がある。

【 0 0 3 8 】

この方式では、基板ステージ 4 が移動して、干渉計 2 0 からのビームが一時的に途切れても、再び同じ位置（図 1 に示す校正位置）に基板ステージ 4 を移動させれば、絶対位相は常に測定可能である。したがって、測定時間間隔内において変動が僅かであり、位相変化が $\pm \pi$ 以内と仮定することができれば、変動を正しく追跡することが可能となる。

【 0 0 3 9 】

たとえば、レーザー光源がHeNeレーザーとすると、波長 λ は633nmであることから、計測間隔内において変動が $\pm \lambda / 8$ 以内、すなわち ± 79.125 nm以内であればよい。この種の露光装置は、環境チャンバの中に設置されて温度管理がなされるのが一般的であり、計測間隔が1時間程度だとしても、この計測間隔内における温度変化はきわめて微小であることから問題なくこの範囲に入るものと考えられる。

【0040】

なお、露光装置内部の環境ガス雰囲気屈折率の変動したときにも干渉計20の位相が変化するので、別途屈折率を測定する手段を設けて、これによる変動を計算により補正することが望ましい。

【0041】

ここでオートフォーカスセンサの校正について説明を補足する。

【0042】

まず、露光装置の稼働を開始するときに第1回目の校正動作が実行される。その第1回目の校正動作では、投影光学系3の焦点位置（パターン像の結像位置）が実測される。その計測情報は信号処理手段12へ送られ、オートフォーカスの制御目標位置を実測された投影光学系3の焦点位置と一致させる。次に基板ステージ4が図1に示す校正位置に位置決めされ、オートフォーカスセンサ10a, 10bを使って基準指標板14の焦点合わせが行なわれる。その結果、基準指標板14の表面がオートフォーカスの制御目標位置（投影光学系3の焦点位置）と一致する。この状態で干渉計20を使って測定ミラー206と測定ミラー211の間隔Z0が測定される。この測定された両ミラーの間隔はオートフォーカスセンサ10a, 10bの変動（ドリフト）がないときの基準間隔となる。この基準間隔の測定が終了すると第1回目の校正動作が終了する。

【0043】

所定時間間隔毎、あるいは所定枚数の基板処理後に、第2回目の校正動作が実行される。

【0044】

まず、基板ステージ4が再び校正位置に移動され、オートフォーカスセンサ1

0 a, 1 0 b を使って基準指標板 1 4 の焦点合わせが行なわれる。その結果、基準指標板 1 4 の表面がオートフォーカスの制御目標位置と一致する。さらに、この状態で干渉計 2 0 を使って測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 の間隔が測定される。

【 0 0 4 5 】

第 1 回目の校正動作と第 2 回目の校正動作との間にオートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の変動がなければ、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔は第 1 回目で測定された両ミラーの間隔 Z_0 となるが、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b に変動があると、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔が Z_0 から変化することになる。

【 0 0 4 6 】

さて、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔の変化の情報 (ΔZ) は、中央演算処理装置 2 1 3 に送られ、ここからオートフォーカスの制御目標位置のオフセットの指令として Z 軸方向の信号検出処理手段 1 2 に送られる。これにより、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の光学的あるいは機械的なドリフトによる Z 軸方向の誤差成分を正しく補正することができる。すなわち、焦点合わせ誤差を低減して、基板 5 の表面を投影光学系 3 の焦点位置に正確に合わせる事が可能となる。

【 0 0 4 7 】

第 3 回目以降の校正も同様に、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 の間隔を測定するとともに、前回の校正のときに測定された両ミラー間隔と比較して、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の制御目標位置を変更すればよい。

【 0 0 4 8 】

なお上記実施形態では、第 2 回目の校正動作のときに、基準指標板 1 4 の焦点合わせを行ってから測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔を測定してオートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の変動を検出しているが、測定ミラー 2 0 6 と測定ミラー 2 1 1 との間隔が Z_0 となるように基板テーブル 8 の Z 方向の位置を調整した状態で、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b の制御目標位置と基準指標板 1 4 の表面との偏差を求めて、オートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0

bの変動を検出するようにしてもよい。

【0049】

なお、測定ミラー206と測定ミラー211の間隔の基準間隔Z0から変動は、中央演算処理装置213で求めることができるので、その変動があまりに大きくなってしまった場合には、投影光学系3の焦点位置を実測するようにすればよい。

【0050】

また、定盤6表面の微小なうねりによってベースプレート7が傾斜するが、校正は常に同じ位置で行われるので、この傾斜は測定結果に影響しない。また、このオートフォーカスセンサ10a、10bの校正時に、基板テーブル8の姿勢（傾斜）が変化すると、測定ミラー206および測定ミラー211の位置は基板テーブル8の端の方に位置することから、測定ミラー206と測定ミラー211との間隔も変化する。したがって、校正時には基板テーブル8の姿勢は常に同じであることが必要とされる。この場合、基板テーブル8の姿勢は、側面に取り付けられたミラーを差動型干渉計で測定することにより高精度に求めることができるので、その測定値に基づいて基板テーブル8の姿勢を制御してもよいし、あるいは測定ミラー206と測定ミラー211との間隔の測定値を計算で補正してもよい。

【0051】

またZ駆動装置9a、9b、9cの各駆動量を計測するエンコーダを用いてオートフォーカスセンサ10a、10bを校正するときの基板テーブル8の姿勢を制御するようにしてもよい。

【0052】

また、このオートフォーカスセンサ10a、10bの補正に用いられるレーザー干渉計20には、基板ステージ8のXY方向の位置制御に用いられるレーザー測長機のレーザー光源を共通で用いることが可能であり、こうすることで装置のコストアップを抑えることができる。

【0053】

〔第2実施形態〕

図 2 は、本発明の露光装置の第 2 実施形態を示す概略図であり、要部のみを示す図である。本例では、干渉計 2 0 の測定ミラー 2 1 6 をオートフォーカスセンサ 1 0 a, 1 0 b (同図には受光光学系 1 0 b) に設けたものである。なお、図 2 においては、図 1 の干渉計 2 0 の構成を図示省略する。

【 0 0 5 4 】

すなわち、波長が安定化されたレーザー光源 2 0 1 は、2 周波の偏光が直交するレーザービームを射出し、このビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射し、直交する偏光成分、すなわち 2 つの周波数成分に分割される。

【 0 0 5 5 】

このうち、入射ビームの P 偏光成分 (周波数成分 F 1) は、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を透過して、1/4 波長板 2 0 3 によって円偏光に変換されて水平に進み、ベースプレート 7 の上に設置された折り曲げミラー 2 1 4 に入射し、90° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。このビームは、受光光学系 1 0 b に固定された測定ミラー 2 1 6 に照射される。

【 0 0 5 6 】

この測定ミラー 2 1 6 にて反射されたビームは、同じ光路を逆向きに進み、折り曲げミラー 2 1 4 で 90° 折り曲げられて、再び 1/4 波長板 2 0 3 を通ることで、元の偏光方向とは直交する方向の直線偏光に変換され、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射し、今度は反射してコーナーキューブプリズム 2 0 7 に入射する。

【 0 0 5 7 】

このコーナキューブプリズム 2 0 7 にて光軸が横にシフトした反射ビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 で反射して、再び 1/4 波長板 2 0 3 によって円偏光に変換され、折り曲げミラー 2 1 4 へ向かう。今度も光軸が横にシフトした以外は全く同じ経路を辿り、再び戻ってきたビームは、1/4 波長板 2 0 3 によって元の入射ビームと同じ偏光方向になって偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を通過し、光電変換装置 2 0 8 に入射する。

【 0 0 5 8 】

これに対して、入射ビームの S 偏光成分 (周波数成分 F 2) は、偏光ビームス

プリッタ 2 0 2 によって、まず反射され、折り曲げミラー 2 0 9 によって 90° 折り曲げられ、 $1/4$ 波長板 2 1 0 によって円偏光に変換されて水平に進む。折り曲げミラー 2 1 4 の支持板には、ビーム通過用孔 2 1 5 が形成されており、先程のビームは、この孔 2 1 5 を通過したのち、ベースプレート 7 の上に設置された折り曲げミラー 2 0 4 に入射し、 90° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。基板テーブル 8 の裏面には、測定ミラー 2 1 1 が設けられており、先程のビームはこの測定ミラー 2 1 1 に照射される。

【 0 0 5 9 】

この測定ミラー 2 1 1 にて反射されたビームは、同じ光路を逆向きに進み、再び $1/4$ 波長板 2 1 0 を通ることで、元の偏光方向とは直交する方向の直線偏光に変換され、折り曲げミラー 2 0 9 によって 90° 折り曲げられて Z 軸方向の上向きに進行する。このビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 に入射するが、今度は透過してコーナキューブプリズム 2 0 7 に入射する。

【 0 0 6 0 】

このコーナキューブプリズム 2 0 7 にて光軸が横にシフトした反射ビームは、偏光ビームスプリッタ 2 0 2 を透過し、折り曲げミラー 2 0 9 によって 90° 折り曲げられて、再び $1/4$ 波長板 2 1 0 によって円偏光に変換され、ビーム通過用孔 2 1 5 を介して基板テーブル 8 の裏面の測定ミラー 2 1 1 へ向かう。今度も光軸が横にシフトした以外は全く同じ経路を辿り、再び戻ってきたビームは、 $1/4$ 波長板 2 1 0 によって元の入射ビームと同じ偏光方向になって偏光ビームスプリッタ 2 0 2 で反射し、光電変換装置 2 0 8 に入射する。

【 0 0 6 1 】

光電変換装置 2 0 8 の内部では、上述した第 1 実施形態と同様に、偏光子によって両偏光成分を干渉させ、その干渉光が光電素子で検出され、周波数が $F_2 - F_1$ の電気信号に変換されて、位相検出手段 2 1 2 に送られ、この位相検出手段 2 1 2 により両ミラー 2 1 6, 2 1 1 の間隔の変動分、すなわち、基板テーブル 8 と受光光学系 1 0 b との Z 軸方向の変動が求められる。

【 0 0 6 2 】

本例では、受光光学系 1 0 b と基板テーブル 8 との Z 軸方向の変動を測定して

いるので、オートフォーカスセンサ 10 a, 10 b の光学的乃至機械的なドリフトによる Z 軸方向の誤差成分を、より正しく補正することができる。

【0063】

[第3実施形態]

図3は本発明の露光装置の第3実施形態を示す要部概略図であり、主として投影光学系（以下、反射屈折光学系ともいう。）3のレンズ構成を示す図である。本例では、波長幅が $157.6\text{ nm} \pm 10\text{ pm}$ の露光光に対して色収差を含む諸収差が補正された投影光学系3が採用されている。

【0064】

同図に示す反射屈折光学系3は、マスク1の中間像を形成するための屈折型の第1結像光学系K1と、この中間像からの光に基づいてマスク1の最終像を縮小倍率で基板5上に形成するための反射屈折型の第2結像光学系K2とを備えている。第1結像光学系K1は、マスク1側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正屈折力の第2レンズ群G2とを有し、第2結像光学系K2は、中央部に第1光通過部AP1を有する負屈折力の第1反射面R1からなる主鏡M1と、中央部に第2光通過部AP2を有する第2反射面R2からなる副鏡M2と、第1反射面R1および第2反射面R2から離間されている基板側に凹面を向けた屈折面を有するレンズ成分L2とを有している。なお、副鏡M2の基板5側の表面には第3反射面R3が形成されている。

【0065】

第1レンズ群G1は、マスク1側から順に、マスク1側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL11と、基板5側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL12と、マスク1側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL13と、基板5側に非球面形状の凹面を向けたメニスカスレンズL14とから構成されている。

【0066】

また、第2レンズ群G2は、マスク1側から順に、マスク1側に非球面形状の凸面を向けたメニスカスレンズL21と、基板5側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL22と、基板5側に非球面形状の凹面を向けたメニスカスレンズL

23 とから構成されている。

【0067】

さらに、第2結像光学系K2は、基板5側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL2を含んでいる。また、第1結像光学系K1は、光軸AXの方向において開口絞りSとは異なる位置に配置されて光軸AX近傍の光を遮光する中心遮蔽部材Bを有する。

【0068】

こうした構成において、第1結像光学系K1からの光が主鏡M1の第1光通過部AP1とレンズ成分L2とを介して第2反射面R2で反射され、第2反射面R2で反射された光がレンズ成分L2を介して第1反射面R1で反射され、第1反射面R1で反射された光がレンズ成分L2と副鏡M2の第2光通過部AP2とを介して基板5上に最終像を形成する。

【0069】

本実施形態では、上述した反射屈折光学系3の副鏡M2の第3反射面R3を利用して、図1に示す測定ミラー206に代えて第3反射面R3を干渉計20の投影光学系3側の反射面としている。

【0070】

こうすることで、測定ミラー206を別途設けることなく、上述した第1実施形態と同様に、投影光学系3と基板テーブル8とのZ軸方向の変動が求められ、その結果、オートフォーカスセンサ10a、10bの光学的乃至機械的なドリフトによるZ軸方向の誤差成分を正しく補正することができる。なお、この場合にも第2実施形態で示した測定ミラー216をオートフォーカスセンサ10a、10bに設けることもできる。

【0071】

以上説明した実施形態によれば、基板5の表面（露光面）を投影光学系の焦点位置（パターン像の結像位置）に正確に合わせることができ、マスクのパターンの像を良好に基板上に転写することができる。

【0072】

そして、上述の露光装置を用いた露光工程を経た基板が、現像工程、エッチン

グ工程等のパターン形成工程、及びレジスト剥離工程等を経た後、ダイシング、ボンディング、パッケージング等の工程を経てデバイスが製造される。

【 0 0 7 3 】

なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【 0 0 7 4 】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、第 1 センサの変動を高速かつ高精度に補正できる露光装置を提供することができる。

【 0 0 7 5 】

また本発明によれば基板表面（露光面）を投影光学系の焦点位置（パターン像の結像位置）に正確に合わせることができ、マスクのパターンの像を良好に基板上に転写する露光装置を提供することができる。

【 0 0 7 6 】

またそのような露光装置をデバイス製造に適用することによって、高精度のデバイスを高い歩留まりで量産することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の露光装置の第 1 実施形態を示す概略図である。

【図 2】 本発明の露光装置の第 2 実施形態を示す要部概略図である。

【図 3】 本発明の露光装置の第 3 実施形態を示す要部概略図である。

【符号の説明】

- 1 …マスク
- 2 …照明装置
- 3 …投影光学系
- 4 …基板ステージ
- 5 …基板
- 6 …定盤

7…ベースプレート

8…基板テーブル

9 a, 9 b, 9 c…Z 軸駆動装置

1 0 a, 1 0 b…オートフォーカスセンサ（第 1 センサ）

2 0…干渉計（第 2 センサ, レーザ干渉測定装置）

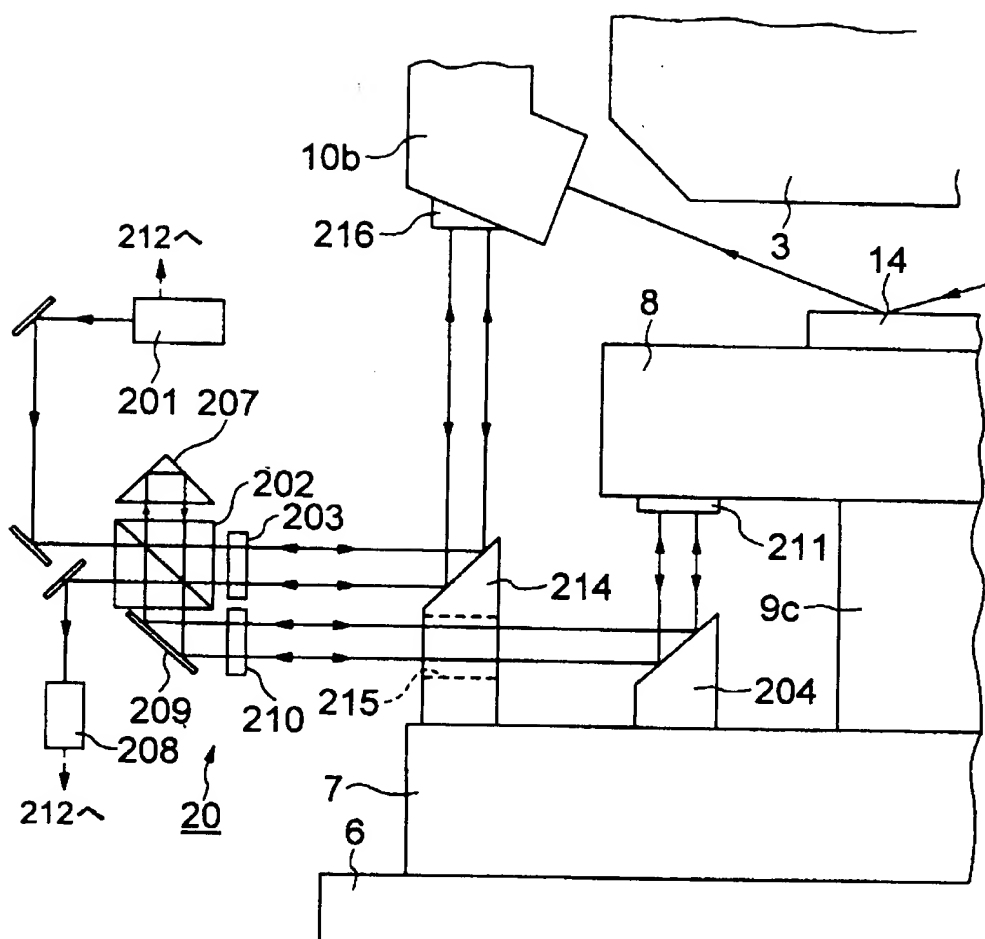
2 0 5…光通過孔

2 0 6…測定ミラー（第 1 反射鏡）

2 1 1…測定ミラー（第 2 反射鏡）

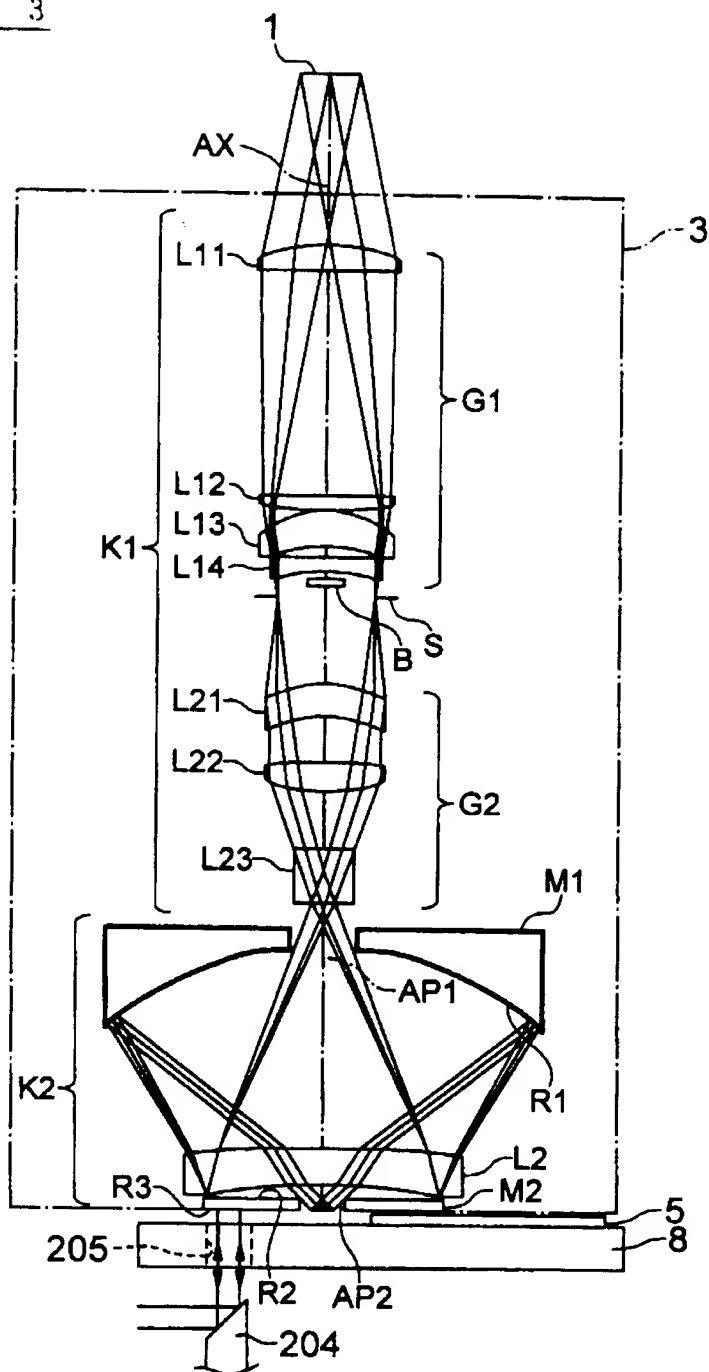
【図 2】

図 2



【図 3】

図 3



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】オートフォーカス系の変動を高速かつ高精度に補正できる露光装置を提供する。

【解決手段】マスク 1 に形成されたパターンの像を投影光学系 3 を介して基板 5 に転写する露光装置において、基板を保持する基板テーブル 8 と、基板テーブルに保持された基板表面と焦点位置とのギャップを測定する第 1 センサ 1 0 a, 1 0 b と、投影光学系と基板テーブルとの光軸方向の距離を測定し、第 1 センサ 1 0 a, 1 0 b の焦点位置（制御目標位置）を補正する第 2 センサ 2 0 を備えるようにした。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-259147
受付番号	50001096548
書類名	特許願
担当官	東海 明美 7069
作成日	平成 12 年 9 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000004112
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
【氏名又は名称】	株式会社ニコン

【代理人】

申請人

【識別番号】	100097180
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町 2 丁目 1 番 1 号 桐山ビル 前田・西出国際特許事務所
【氏名又は名称】	前田 均

【代理人】

【識別番号】	100099900
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町 2 丁目 1 番 1 号 桐山ビル 前田・西出国際特許事務所
【氏名又は名称】	西出 眞吾

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン